Stephen Hawking (1942–2018)

PORTRÄT · 8. JANUAR 1942 BIS 14. MÄRZ 2018

Im Mittelschiff der Westminster Abbey in London liegt eine Steinplatte, nicht weit von den Gräbern Isaac Newtons und Charles Darwins. Eingraviert sind Ringe um eine dunkle Ellipse und eine Formel aus zehn Zeichen. Sie besagt, dass Schwarze Löcher nicht ganz schwarz sind, sondern schwach glühen [1]. Unter dem Stein ruht seit dem 15. Juni 2018 die Asche von Stephen Hawking, der diese Formel 1974 gefunden hat.

Hawking war der wohl berühmteste Physiker seiner Zeit, und zwar weit über die Physik hinaus. Das lag an seinem Bestseller, an der Computerstimme, mit der er sprach, und an der Tatsache, dass er mehr als fünfzig Jahre mit einer Krankheit lebte, die ihm die Ärzte als Todesurteil auf zwei Jahre mitgeteilt hatten [2]. Hinter dem Ruhm steht aber eine handfeste wissenschaftliche Leistung. Hawking hat als Erster gezeigt, wie Quantenphysik und Gravitation an einer konkreten Stelle zusammenwirken, und dabei eine Frage aufgeworfen, über die Physiker noch immer streiten.

Oxford, Cambridge und eine Diagnose mit einundzwanzig

Stephen William Hawking kam am 8. Januar 1942 in Oxford zur Welt, auf den Tag genau dreihundert Jahre nach dem Tod Galileo Galileis [2],[3]. Mit siebzehn begann er am University College in Oxford Naturwissenschaften zu studieren, schloss mit Bestnote in Physik ab und wechselte 1962 nach Cambridge, wo Dennis Sciama sein Doktorvater wurde [2],[4].

Kurz nach seinem einundzwanzigsten Geburtstag kam die Diagnose: eine Erkrankung der motorischen Nervenzellen, im Deutschen meist Amyotrophe Lateralsklerose oder kurz ALS genannt. Man gab ihm noch zwei Jahre [2]. Bei Hawking verlief die Krankheit jedoch ungewöhnlich langsam. Er heiratete Jane Wilde, das Paar bekam drei Kinder, Robert, Lucy und Timothy. Die Ehe hielt nicht, 1995 heiratete Hawking ein zweites Mal [2].

Seine Doktorarbeit von 1966 trägt den Titel „Properties of Expanding Universes“, Eigenschaften expandierender Universen [5]. Als die Universität Cambridge sie 2017 frei ins Netz stellte, verzeichnete sie mehr als eine Million Abrufversuche [4].

Ein Anfang, um den man nicht herumkommt

In den 1960er-Jahren war keineswegs ausgemacht, dass das Universum einen Anfang hatte. Viele hielten den Urknall für eine Folge allzu idealisierter Rechnungen: Wenn man

nur ein Weltall annimmt, das in alle Richtungen genau gleich aussieht, laufe beim Zurückrechnen eben alles in einem Punkt zusammen. In einem echten, unregelmäßigen Universum, so die Hoffnung, würde die Materie aneinander vorbeifliegen und wieder auseinanderstreben.

Roger Penrose hatte 1965 gezeigt, dass das beim Zusammensturz eines Sterns nicht hilft: Ist ein bestimmter Punkt überschritten, entsteht zwangsläufig ein Schwarzes Loch mit einer Singularität im Inneren, einem Ort, an dem Einsteins Theorie ihre Gültigkeit verliert [6]. Hawking erkannte, dass sich dasselbe Argument auf das ganze Universum anwenden lässt, wenn man die Zeit rückwärts laufen lässt: Aus dem Zusammensturz wird dann die Ausdehnung des Weltalls [4]. 1970 bewiesen die beiden gemeinsam einen allgemeinen Satz: Gilt die allgemeine Relativitätstheorie und erfüllt die Materie einige vernünftige Bedingungen, dann muss es in der Vergangenheit unseres Universums eine Singularität gegeben haben [7]. Penrose erhielt 2020 für seine Arbeit von 1965 die Hälfte des Physik-Nobelpreises [6]. Hawking war da schon gestorben, und nach den Statuten der Nobelstiftung werden Nobelpreise nicht postum vergeben [8].

Der Satz sagt allerdings auch, wo seine eigene Grenze liegt. An einer Singularität versagt die allgemeine Relativitätstheorie, und was dort wirklich geschieht, müsste eine Theorie beantworten, die Gravitation und Quantenphysik verbindet. Nach dieser Theorie hat Hawking den Rest seines Lebens gesucht.

Schwarze Löcher sind nicht ganz schwarz

Ein Schwarzes Loch ist ein Gebiet, aus dem nichts mehr herauskommt, auch kein Licht. Seine Grenze, der Ereignishorizont, liegt bei einem nicht rotierenden Schwarzen Loch der Masse *M* auf einer Kugel mit dem Schwarzschild-Radius

$$r_s = \frac{2GM}{c^2} \tag{1}$$

Hier ist *G* die Gravitationskonstante und *c* die Lichtgeschwindigkeit. Würde man die Sonne zu einem Schwarzen Loch zusammendrücken, hätte es einen Radius von knapp drei Kilometern.

1971 bewies Hawking, dass die Fläche des Ereignishorizonts in der klassischen Theorie niemals abnimmt. Verschmelzen zwei Schwarze Löcher, hat das neue mindestens so viel Horizontfläche wie beide zusammen [9]. Der Satz erinnerte verdächtig an den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, nach dem die Entropie nie abnimmt. Der junge Jacob Bekenstein in Princeton nahm die Ähnlichkeit ernst und schlug vor, ein Schwarzes Loch besitze tatsächlich eine Entropie, die zu seiner Horizontfläche proportional ist [10]. Hawking hielt das zunächst für falsch. In einer gemeinsamen Arbeit mit James Bardeen und Brandon Carter betonte er 1973 ausdrücklich, Horizontfläche und Oberflächenschwerkraft seien von Entropie und Temperatur eines Schwarzen Lochs zu unterscheiden [11]. Sein

Einwand: Ein Körper mit Entropie hat auch eine Temperatur, und ein Körper mit Temperatur strahlt. Ein Schwarzes Loch aber sollte gar nichts abgeben.

Dann rechnete er es nach, und zwar mit der Quantentheorie der Felder in der gekrümmten Raumzeit um ein Schwarzes Loch. Zu seiner eigenen Überraschung kam heraus, dass ein Schwarzes Loch tatsächlich Teilchen aussendet, mit dem Spektrum eines heißen Körpers, bis auf kleine Korrekturen durch die gekrümmte Raumzeit [12],[13]. Seine Temperatur ist

$$T_H = \frac{\hbar c^3}{8\pi G M k_B} \tag{2}$$

mit dem reduzierten Planckschen Wirkungsquantum ħ und der Boltzmann-Konstante k_B. In dieser einen Formel stehen die Konstanten der Quantenphysik, der Gravitation, der Relativitätstheorie und der Thermodynamik nebeneinander, und genau sie steht, in der Schreibweise $T = \hbar c^3/8\pi GMk$, auf dem Stein in Westminster. Hawking selbst hat den Vorgang oft mit einem anschaulichen Bild erklärt: Im leeren Raum entstehen nach der Quantenphysik ständig kurzlebige Teilchenpaare; geschieht das direkt am Horizont, kann ein Partner hineinfallen, während der andere entkommt. Das Bild ist eine Hilfe, die eigentliche Rechnung kommt ohne es aus.

Mit der Temperatur stand auch der Zahlenfaktor in Bekensteins Entropie fest. Sie beträgt ein Viertel der Horizontfläche A, gemessen in Einheiten der winzigen Planck-Fläche [4],[13]:

$$S_{\mathrm{BH}} = \frac{k_B c^3 A}{4G\hbar} \tag{3}$$

Für ein Schwarzes Loch von einer Sonnenmasse sind das rund 10^{77} Boltzmann-Konstanten, unvorstellbar viel mehr als die Entropie der Sonne selbst. Woraus diese Entropie besteht, welche mikroskopischen Zustände sie also abzählt, gehört zu den Leitfragen jeder Theorie der Quantengravitation.

Nachgerechnet: Wie warm ist ein Schwarzes Loch?

Setzt man die Masse der Sonne, rund $2{\cdot}10^{30}$ Kilogramm, in Gleichung (2) ein, kommen etwa $6{\cdot}10^{-8}$ Kelvin heraus, sechs hundertmillionstel Grad über dem absoluten Nullpunkt. Das All ist mit seiner Hintergrundstrahlung von 2,7 Kelvin viel wärmer. Ein solches Schwarzes Loch schluckt also mehr Strahlung, als es abgibt, und wächst. Weil die Temperatur umgekehrt proportional zur Masse ist, werden kleine Schwarze Löcher dagegen heiß (Abb. 1). Erst unterhalb von etwa $4{,}5{\cdot}10^{22}$ Kilogramm, etwas weniger als die Masse des Mondes, ist ein Schwarzes Loch wärmer als das All und verliert unter dem Strich Masse.

Je leichter es dabei wird, desto heißer wird es und desto schneller strahlt es, bis es am Ende in einem Ausbruch verschwindet; daher der Titel von Hawkings Arbeit von 1974,

„Black hole explosions?“. Hawking schätzte dort ab, dass ein Schwarzes Loch von einer Sonnenmasse rund 10^{71} Sekunden bräuchte, um zu verdampfen; mit der vollständigen Formel kommt man heute eher auf 10^{74} Sekunden, rund 10^{67} Jahre. Beides ist unvergleichlich länger als das bisherige Alter des Universums. Kleine Schwarze Löcher, die vielleicht kurz nach dem Urknall entstanden sind, wären dagegen mit weniger als 10^{15} Gramm, also einer Milliarde Tonnen, inzwischen schon verschwunden [12].

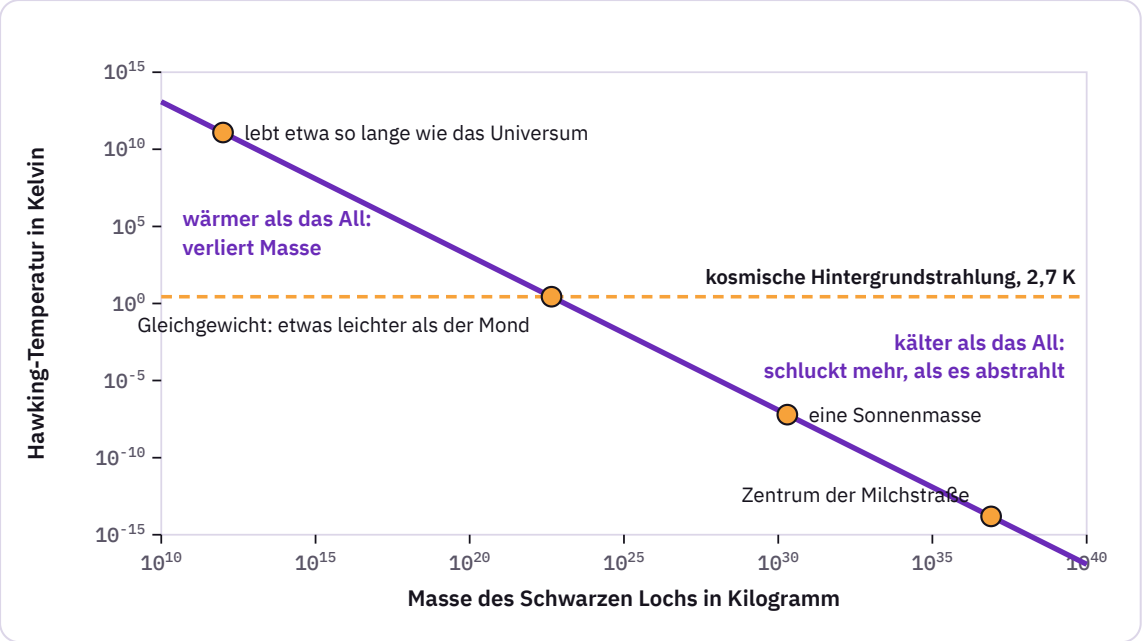

Abb. 1: Je schwerer ein Schwarzes Loch, desto kälter ist es. Eingezeichnet ist die Temperatur der kosmischen Hintergrundstrahlung; das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße mit rund vier Millionen Sonnenmassen [6] ist um viele Größenordnungen kälter. Eigene Berechnung nach Gleichung (2).

Gemessen hat die Hawking-Strahlung eines echten Schwarzen Lochs noch niemand, sie ist für alle bekannten Schwarzen Löcher viel zu schwach. Der israelische Physiker Jeff Steinhauer hat aber in einer Wolke ultrakalter Rubidiumatome ein künstliches Gegenstück gebaut, in dem Schallwellen statt Licht nicht mehr entkommen können. Dort fand er 2016 Hinweise auf die Strahlung und 2019 ein thermisches Spektrum mit der vorhergesagten Temperatur [14],[15]. Hawkings Flächensatz von 1971 ließ sich dagegen an echten Schwarzen Löchern prüfen. Eine Auswertung der ersten gemessenen Gravitationswelle, die 2015 bei der Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher eintraf, bestätigte ihn 2021 mit 95 bis 97 Prozent Wahrscheinlichkeit, je nach Auswertungsmodell [16]. Deutlich klarer fiel der Test mit dem bisher stärksten Signal aus, das am 14. Januar 2025 eintraf: Die Horizontfläche des neu entstandenen Schwarzen Lochs war mit hoher Sicherheit größer als die beiden Ausgangsflächen zusammen [17]. Mehr dazu im Artikel über Schwarze Löcher.

Wo bleibt die Information?

Wenn ein Schwarzes Loch vollständig verdampft, was wird dann aus allem, was hineingefallen ist? Nach Hawkings Rechnung ist die Strahlung rein thermisch, sie hängt also nur von Masse, Drehimpuls und Ladung ab und nicht davon, ob einst ein Stern, ein Lexikon oder ein Raumschiff im Loch verschwunden ist. Die Information wäre unwiederbringlich gelöscht. 1976 zog Hawking daraus den Schluss, dass die Quantenmechanik bei Schwarzen Löchern versagt und die Zukunft nicht mehr eindeutig aus der Vergangenheit folgt [18]. Das widerspricht einem Grundprinzip der Quantenphysik, nach dem Information nie verloren geht. Seitdem spricht man vom Informationsparadox.

Hawking und der Astrophysiker Kip Thorne wetteten gegen John Preskill vom Caltech, dass die Information verloren geht. Am 21. Juli 2004 gab Hawking auf einer Konferenz in Dublin die Wette verloren und überreichte Preskill eine Baseball-Enzyklopädie, „from which information can be retrieved at will“, aus der man also Information nach Belieben wieder herausholen kann [19],[20]. Thorne hat nicht nachgegeben. Hawkings eigene Begründung erschien 2005 [21], überzeugte aber nicht alle Kollegen. Wie genau die Information aus einem Schwarzen Loch wieder herauskommt, ist bis heute nicht geklärt.

Lehrstuhl, Stimme, Bestseller

1979 übernahm Hawking in Cambridge den Lucasischen Lehrstuhl für Mathematik, den einst Isaac Newton innegehabt hatte, und behielt ihn bis 2009 [4]. Zusammen mit James Hartle schlug er 1983 vor, das Universum als Ganzes mit einer Wellenfunktion zu beschreiben, in der die Zeit nahe dem Urknall in eine Art vierte Raumrichtung übergeht. Dann hätte das Universum keinen Rand und keinen Anfangszeitpunkt, an dem man Bedingungen von außen festlegen müsste [22]. Hawking nannte das den Keine-Grenzen-Vorschlag. Ob er stimmt, ist offen.

1985 erkrankte Hawking auf einer Reise zu einer Konferenz bei Genf an einer Lungenentzündung. Ein Luftröhrenschnitt rettete ihm das Leben, kostete ihn aber die Stimme [2]. Zunächst verständigte er sich über eine Buchstabentafel, auf deren Zeichen er mit den Augenbrauen zeigte [23]. 1986 bekam er ein Computerprogramm, mit dem er per Daumen Wörter auswählen konnte, und eine Sprachausgabe, deren Stimme sein Erkennungszeichen wurde. Ab 1997 entwickelte die Firma Intel sein System weiter, und als er auch die Daumen nicht mehr nutzen konnte, steuerte er den Computer über einen Infrarotsensor an der Brille, der die Bewegungen eines Wangenmuskels erfasste [23].

1988 erschien „A Brief History of Time“, auf Deutsch „Eine kurze Geschichte der Zeit“. Das Buch stand 237 Wochen auf der Bestsellerliste der Sunday Times, ein Rekord [4], und verkaufte sich nach Angaben der Hawking-Stiftung mehr als zwanzig Millionen Mal [2]. Es folgten weitere populäre Bücher, darunter Kinderbücher, die er gemeinsam mit seiner Tochter Lucy schrieb [4].

Stephen Hawking starb am 14. März 2018 im Alter von 76 Jahren in seinem Haus in Cambridge [2],[4]. Er hinterließ drei Kinder und drei Enkel [4]. Seine Asche wurde am 15. Juni 2018 in der Westminster Abbey beigesetzt, unter dem Stein mit der Formel [1].

Abb. 2: Stationen im Leben Stephen Hawkings. Eigene Darstellung nach [2],[4],[7],[12],[22],[19].

Quellen

1. Westminster Abbey: *Stephen Hawking.* westminster-abbey.org/abbey-commemorations/commemorations/stephen-hawking, abgerufen am 12. Oktober 2026.
2. Stephen Hawking Foundation: *Biography.* hawking.org.uk/biography, abgerufen am 12. Oktober 2026.
3. Encyclopaedia Britannica: *Galileo.* britannica.com/biography/Galileo-Galilei, abgerufen am 12. Oktober 2026.
4. University of Cambridge: *Professor Stephen Hawking 1942–2018.* 14. März 2018. cam.ac.uk/news/professor-stephen-hawking-1942-2018, abgerufen am 12. Oktober 2026.
5. S. W. Hawking: *Properties of Expanding Universes.* Dissertation, University of Cambridge 1966, doi:10.17863/CAM.11283.
6. Nobel Prize Outreach: *The Nobel Prize in Physics 2020. Press release.* nobelprize.org/prizes/physics/2020/press-release, abgerufen am 12. Oktober 2026.

7. S. W. Hawking, R. Penrose: *The singularities of gravitational collapse and cosmology.* In: Proceedings of the Royal Society of London A 314 (1970), S. 529–548, doi:10.1098/rspa.1970.0021.
8. Nobel Prize Outreach: *Frequently asked questions.* nobelprize.org/frequently-asked-questions, abgerufen am 12. Oktober 2026.
9. S. W. Hawking: *Gravitational Radiation from Colliding Black Holes.* In: Physical Review Letters 26 (1971), S. 1344–1346, doi:10.1103/PhysRevLett.26.1344.
10. J. D. Bekenstein: *Black Holes and Entropy.* In: Physical Review D 7 (1973), S. 2333–2346, doi:10.1103/PhysRevD.7.2333.
11. J. M. Bardeen, B. Carter, S. W. Hawking: *The four laws of black hole mechanics.* In: Communications in Mathematical Physics 31 (1973), S. 161–170, doi:10.1007/BF01645742.
12. S. W. Hawking: *Black hole explosions?* In: Nature 248 (1974), S. 30–31, doi:10.1038/248030a0.
13. S. W. Hawking: *Particle creation by black holes.* In: Communications in Mathematical Physics 43 (1975), S. 199–220, doi:10.1007/BF02345020.
14. J. Steinhauer: *Observation of quantum Hawking radiation and its entanglement in an analogue black hole.* In: Nature Physics 12 (2016), S. 959–965, doi:10.1038/nphys3863.
15. J. R. Muñoz de Nova, K. Golubkov, V. I. Kolobov, J. Steinhauer: *Observation of thermal Hawking radiation and its temperature in an analogue black hole.* In: Nature 569 (2019), S. 688–691, doi:10.1038/s41586-019-1241-0.
16. M. Isi, W. M. Farr, M. Giesler, M. A. Scheel, S. A. Teukolsky: *Testing the Black-Hole Area Law with GW150914.* In: Physical Review Letters 127 (2021), 011103, doi:10.1103/PhysRevLett.127.011103.
17. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, KAGRA Collaboration: *GW250114: Testing Hawking's Area Law and the Kerr Nature of Black Holes.* In: Physical Review Letters 135 (2025), 111403, doi:10.1103/kw5g-d732.
18. S. W. Hawking: *Breakdown of predictability in gravitational collapse.* In: Physical Review D 14 (1976), S. 2460–2473, doi:10.1103/PhysRevD.14.2460.
19. J. Preskill: *On Hawking's Concession.* 24. Juli 2004. preskill.caltech.edu/jp_24jul04.html, abgerufen am 12. Oktober 2026.
20. APS News: *July 21, 2004: Hawking Concedes Bet on Black Hole Information Loss.* 1. Juli 2013. aps.org/apsnews/2013/07/hawking-bet-black-hole, abgerufen am 12. Oktober 2026.
21. S. W. Hawking: *Information loss in black holes.* In: Physical Review D 72 (2005), 084013, doi:10.1103/PhysRevD.72.084013.

22. J. B. Hartle, S. W. Hawking: *Wave function of the Universe.* In: Physical Review D 28 (1983), S. 2960–2975, doi:10.1103/PhysRevD.28.2960.

23. Computer History Museum: *Bringing a New Voice to Genius – MITalk, the CallText 5010, and Stephen Hawking's Wheelchair.* 26. März 2018. computerhistory.org/blog, abgerufen am 12. Oktober 2026.

Zitiervorschlag

```
quanten.de: Stephen Hawking (1942–2018). Stand: Oktober 2026.
URL: https://quanten.de/stephen_hawking.html (PDF:
https://quanten.de/pdf/stephen_hawking.pdf)
```

Texte und Abbildungen © 2026 quanten.de. Nutzung mit Quellenangabe und Link gern, kommerzielle Nutzung nach Absprache: info@quanten.de

Weiterlesen: Quantengravitation · Entropie · Die Unschärferelation · Werner Heisenberg

---

Online-Fassung mit aktualisierten Quellen: https://quanten.de/stephen_hawking.html